



1 / 1

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-081406

(43)Date of publication of application : 21.03.2000

(51)Int.Cl.

G01N 27/28

(21)Application number : 10-250557

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 04.09.1998

(72)Inventor : NIWA OSAMU
HORIUCHI TSUTOMU
TORIMITSU KEIICHI
MORITA MASAO
KURITA RIYOUJI
TABEI HISAO

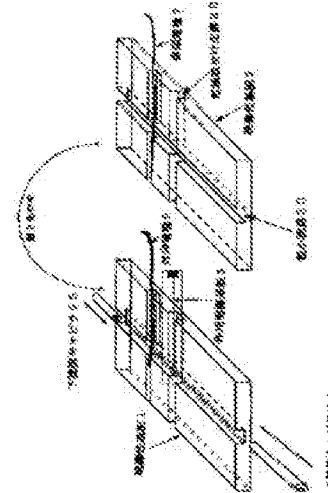
(54) INFINITESIMAL FLOW CELL AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a steady infinitesimal flow cell with sufficient mechanical strength and its manufacturing method in a micro amount wall jet type flow cell produced by a micromachine.

SOLUTION: This flow cell has a structure comprising a micro-passage 30 formed on insulating substrates 1, 2, an upstream capillary 4 embedded in and along the micro-passage 30, a measurement sample to flow out to a back of a working electrode substrate 3 via a cut being a hole for the micro-passage 30 formed on both sides of the working electrode substrate 3, and a downstream capillary 5 embedded in and along the micro-passage 30 in the back of the working electrode substrate 3.

Accordingly, sufficient contact areas of the capillaries 4, 5 are ensured, so that the contact strength can be substantially improved.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-81406

(P2000-81406A)

(43)公開日 平成12年3月21日 (2000.3.21)

(51)Int.Cl.⁷
G 0 1 N 27/28

識別記号
3 2 1

F I
G 0 1 N 27/28

テーマコード^{*} (参考)

3 2 1 Z
3 2 1 F
3 2 1 G

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平10-250557

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

(22)出願日 平成10年9月4日 (1998.9.4)

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72)発明者 丹羽 修

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 堀内 勉

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(74)代理人 100068353

弁理士 中村 純之助 (外2名)

最終頁に続く

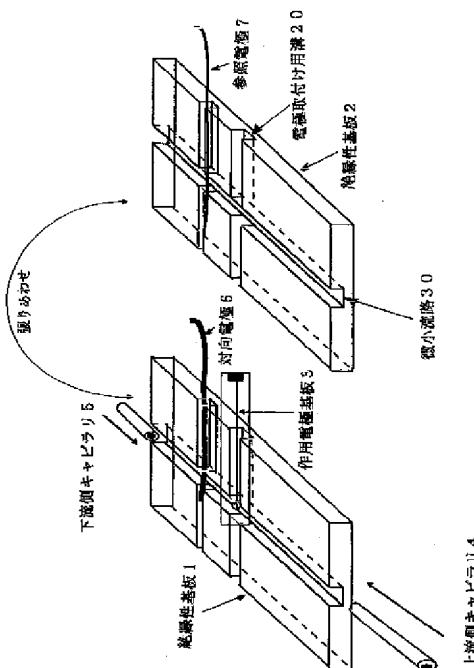
(54)【発明の名称】 極微量フロー・セル、及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】マイクロマシンで作成した極微量ウォールジエット型フロー・セルにおいて、従来は試料流入側キャピラリを電極面に接近しかつ直角に取り付ける構造であるため、接着面積が十分に確保出来ず、強度不足或いはキャピラリ内の圧力が高くなると液漏れを生じる等の問題があった。

【解決手段】絶縁性基板1および2上に微小流路30を設け、この微小流路30内に上流側キャピラリ4を流路方向に沿って埋め込み固定し、測定試料は作用電極基板3の両側に設けられた流路用孔9となる切り込み部を経て電極基板の背部に流出し、下流側キャピラリ5はこの作用電極基板3の背部の微小流路30方向に沿って埋め込む構造としている。これにより、キャピラリの接着面積を十分に確保し、接着強度を大幅に向上した。

図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】微小流路が形成された絶縁性基板と、該絶縁性基板上に設置された作用電極と、被測定試料のサンプリング用あるいは分離用のキャピラリからなる電気化学検出器であって、該作用電極が該絶縁性基板とは別の絶縁性基板上に形成されている作用電極基板を有し、該作用電極基板を該微小流路中でかつ流れの方向に対して垂直方向に挿入し、該キャピラリの流出側開口部が該作用電極の近傍でかつ該作用電極に対面するように配置されることにより、ウォールジェット型のフローセルが形成されていることを特徴とする極微量フローセル。

【請求項2】フローセルにおいて用いられる対向電極及び参照電極が、該微小流路内あるいは該作用電極が形成されている上記作用電極基板上のいずれかに集積されていることを特徴とする請求項1に記載の極微量フローセル。

【請求項3】上記作用電極が触媒作用を有する物質により修飾されていることを特徴とする請求項1に記載の極微量フローセル。

【請求項4】微小流路が形成された一枚の絶縁性基板に、作用電極が形成された作用電極基板と、参照電極と、対向電極とを挿入するためのガイドを形成し、該各ガイドに該作用電極基板と、該参照電極と、該対向電極とを挿入し、測定試料のサンプリング用あるいは分離用のキャピラリの流出側開口部が該作用電極基板上の作用電極と隙間を有するように該キャピラリを該微小流路内に取り付け、該各電極が取り付けられた絶縁性基板と、上記と同様の微小流路及びガイドが形成された他の一枚の絶縁性基板とを張り合わせることにより形成される極微量フローセルの製造方法。

【請求項5】常温で上記絶縁性基板を張り合わせる工程に、光硬化性接着剤、ポリマー薄膜を溶媒蒸気で溶解させた接着剤、あるいは低融点ガラス薄膜の少なくとも何れか一つの接着剤を用いることを特徴とする請求項4に記載の極微量フローセルの製造方法。

【請求項6】上記作用電極上に触媒作用を有する物質または電極反応を促進する物質の少なくとも一つの物質が集積されていることを特徴とする請求項4に記載の極微量フローセルの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液体クロマトグラフィ装置、キャピラリ電気泳動装置、バイオセンサや化学センサなどの電気化学検出器として使用されるフローセルに関する。

【0002】

【従来の技術】高速液体クロマトグラフィやキャピラリ電気泳動、バイオセンサや化学センサの検出器として電気化学検出器を組み込んだフローセルは広く用いられてきた。フローセルの一般的な構成としては、金属やプラ

スチックを成形して作製したブロックと電極が埋め込まれたブロックとにより高分子フィルムなどで作製したスペーサ(ガスケット)を挟み込むことにより薄層セルを形成し、その中を溶液を通過させ、目的物質が電極上で酸化あるいは還元されることにより流れる電流を検出するようになっている。電気化学検出器に用いられるフローセルの構造は図6に示すように大きく3つに分けることができる。図6(a)に示す構成はチャンネルフロー(あるいはクロスフロー)型のセルと呼ばれ、溶液は薄膜電極15からやや離れた場所に導入され、薄層セル16中に溶液を通過させる構造を取っている。一方、図6(b)に示す構成はウォールジェット型のセルと呼ばれ、溶液が薄膜電極15の中央上部から放射状にこの薄膜電極15上に導入される構造である。また、薄層セル内にウォールジェット型のように溶液を薄膜電極15の中心に導入するセル構造をラディアルフロー型のセルと言うこともある。

【0003】チャンネルフローに比較し、ラディアルフロー型のセルでは大きな感度が得られることが報告されている(Huang et al., Current Separation, 13(4), 1-14 (1995))。また、電極上に直接溶液が導入されるため、セルの容積を小さくすることができる。これは、マイクロカラムを用いた液体クロマトグラフィ等のようにカラムと検出器の容積を小さくする場合や、高速のフロインジェクション分析や速い応答性のセンサを構成する際のセル構造としてきわめて有用である。一方、図6(c)に示した円管型フローセル17は金属管などをそのまま薄膜電極15にしたもので、容積は小さいが、電極上へ機能性を有する分子を修飾したり、複数の薄膜電極を集積化するのは他のセル構造に比較して難しい。

【0004】近年、マイクロマシンや微細加工技術が分析用のデバイスやセンサの作製に広く用いられるようになってきている。この技術では、シリコンやガラスなどの基板をエットあるいはドライエッティングすることにより、微細な溝を形成し、これをフローアンализの流路として使用するもので、これまでガスクロマトグラフィ、高速液体クロマトグラフィ(Manz et al., Sensors & Actuators, B1, 244-248 (1990))、キャピラリ電気泳動(Gavin et al., J. Am. Chem. Soc., 118, 8932-36 (1996))、化学センサやバイオセンサ(Shoji et al., Sensors & Actuators B8, 205-208 (1992)、あるいはMurakami et al., Analytical Chemistry, 65, 2731-35 (1993))等としての測定用チップが報告されている。これらのチップに電気化学検出器を組み込むためには基板に薄膜電極を形成し、この薄膜電極が形成されている基板と、流路が形成されている基板とを張り合わせることにより流路内に検出器を組み込む。また、電気化学検出器に酵素などの触媒作用を有する物質や物質選択性のある膜を修飾することにより、センサーとしても使用できる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】マイクロマシン技術を用いて作製した電気化学検出器に関しても、従来型のフローセルと同様に図7(a)に示すように溶液の流れに並行に電極15が配置される場合と、図7(b)に示すように電極直上の絶縁性基板18に孔をあけ、キャピラリ19を差し込んで電極上に直接溶液を導入する場合がある。図7(a)に比較して図7(b)では、溶液がキャピラリ19から直接電極上へ導入されるためキャピラリ出口から検出器(電極)までの距離を短くすることができ、速い応答が期待できる。しかしながら、絶縁性基板18を張り合わせた流路のフタに孔をあけ、管を接続する方法となるためキャピラリ19と絶縁性基板18の接続に使える断面積が狭く、接着しても強度が弱い欠点があった。すなわち高速液体クロマトグラフィなどのようにキャピラリ内の圧力が高い場合、接続部分から溶液の漏れが起こる欠点があった。このため、キャピラリを基板に空けた孔に接続するには、樹脂等を用いて補強する必要があった。

【0006】本発明は以上のような問題点を解決し、十分な機械強度を有する安定な極微量フローセルおよびその製造方法を提供することを目的としたものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために本発明においては以下のような構成としている。すなわち、請求項1においては、微小流路が形成された絶縁性基板と、この絶縁性基板上に設置された作用電極と、被測定試料のサンプリング用あるいは分離用のキャピラリからなる電気化学検出器であって、該作用電極が該絶縁性基板とは別の絶縁性基板上に形成されている作用電極基板を有し、この作用電極基板を上記微小流路中でかつ流れの方向に対して垂直方向に挿入し、上記キャピラリの流出側開口部が上記作用電極の近傍でかつこの作用電極に対面するように配置された構成としたものである。

【0008】請求項2においては、上記請求項1のフローセルにおいて対向電極及び参照電極が、上記微小流路内あるいは上記薄膜作用電極が形成されている絶縁性基板上のいずれかに集積した構成とした。

【0009】請求項3においては、フローセルで用いられる作用電極が触媒作用を有する物質により修飾された電極を使用した上記請求項1のフローセルとしており、ここで上記触媒作用を有する物質としては例えば酵素やメディエータ等が挙げられる。

【0010】請求項4においては、微小流路が形成された一枚の絶縁性基板に、薄膜作用電極が形成された作用電極基板と、参照電極と、対向電極とを挿入するためのガイドを形成し、該各ガイドに上記作用電極基板と、参照電極と、対向電極とを挿入し、測定試料のサンプリング用あるいは分離用のキャピラリの流出側開口部が上記

作用電極基板上の作用電極と隙間を有するように上記キャピラリを上記微小流路内に取り付け、上記各電極が取り付けられた絶縁性基板と、上記と同様の微小流路及びガイドが形成された他の一枚の絶縁性基板とを張り合わせることにより極微量フローセルを製造する方法について規定したものである。

【0011】請求項5においては、請求項4に記載の極微量フローセルを製造する方法において常温で上記絶縁性基板を張り合わせる工程に、光硬化性接着剤、ポリマー薄膜を溶媒蒸気で溶解させた接着剤、或いは低融点ガラス薄膜の少なくとも何れか一つの接着剤を用いて製造する方法について規定したものである。

【0012】請求項6においては、請求項4に記載の極微量フローセルを製造する方法において、上記作用電極上に触媒作用を有する物質、または電極反応を促進する物質の少なくとも一つが集積されている電極を使用した場合について規定したもので、ここで触媒作用を有する物質としては例えれば酵素等があり、電極反応を促進する物質としてはメディエータ等が挙げられる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下本発明を図により詳細に説明する。なお、本発明は以下の実施例のみに限定されるものではない。

【0014】(実施例1) 本発明の極微量フローセルの基本構造を図1に示す。本発明による極微量フローセルにおいてはマイクロマシン技術で形成された被測定試料の微小流路30となる矩型断面形状の溝を有する絶縁性基板1および2と、この絶縁性基板1および2とは別の短冊状の絶縁基板上に薄膜作用電極40が形成された作用電極基板3と、インレット用(上流側)キャピラリ4及びアウトレット用(下流側)キャピラリ5と、対向電極6と、参照電極7とから構成されている。これら各電極が埋め込まれた後、上記絶縁基板1および2は図3(e)で述べるように互いに張り合わされフローセルとなる。本極微量フローセルでは、キャピラリ4および5が流路である溝の方向に沿って埋め込まれる形で挿入されているため、液体クロマトグラフィのように高い圧力が印加される測定の検出器に用いても、液漏れ等を生じることはなく充分な強度を確保することができる。また、キャピラリの出口にそれと垂直に薄膜作用電極40が配置され、キャピラリの肉厚部分とこの薄膜作用電極40で図6(b)に示すようなラジアルフロー型のフローセルを構成する構造を採用しているため、内容積を極めて少なくすることが出来、微量の試料測定や迅速な測定に適したフローセルを得ることができる利点を有する。

【0015】図2および図3は、本実施例1によるウォールジェット型フローセルによるグルタミン酸センサの製造工程を示す。石英基板上にダイシングソーにより、流路および、上記作用電極基板3、参照電極7及び対向

電極6の三種の電極取り付け用溝を作製した(図2(a))。作用電極基板3は絶縁性基板1および2で用いられている石英基板上にポジ型フォトトレジストを毎分4000回転で塗布した後、フォトマスクをこの石英基板に重ね、マスクアライナを用いて電極部分とパッド10およびこれをつなぐ金バタン部分を露光、アルカリ現像し、水洗、乾燥を行った。その後、マグネットロンスパッタ装置にこのレジストバタンをもつ石英基板を取り付け、チタン、金の順にスパッタした後、メチルエチルケトン中で、超音波によりレジストを除去することで作用電極基板3を作製した。さらに、薄膜作用電極40上にメディエータとして西洋ワサビペルオキシテーゼを含むオスミウムポリビニルピリジン錯体をキャストし室温で30分間乾燥させた後、更にグルタミン酸酸化酵素を含むコラーゲン膜を形成させた。

【0016】このメディエータおよび酵素が固定されている薄膜作用電極40を有する作用電極基板3をダイシングソーにより加工した絶縁性基板1の電極取付け用溝20に挿入し、瞬間接着剤で固定した(図2(b))。さらに、対向電極6として直径100μmの白金線を、参照電極7として直径100μmの銀線をそれぞれの取り付け用溝に瞬間接着剤で固定した(図3(c))。さらに、外径375μm、内径50μm、長さ45mmのガラス製のキャビラリを先端が作用電極基板から200μmまで近接させ、瞬間接着剤で固定し、上流側キャビラリ4とした。また、外径375μm、内径150μm、長さ300mmのガラスキャビラリを流路のもう一端に瞬間接着剤で固定し下流側キャビラリ5とした(図3(d))。

【0017】メディエータおよびグルタミン酸酸化酵素が電極上に固定された作用電極基板3と、白金製の対向電極6と、銀製の参照電極7と、更に、流路の両端にガラスキャビラリ4および5を取り付けた石英製の絶縁性基板1に、流路、電極取付け用溝等が予め作製されている同じ構造の絶縁性基板2を流路が向かい合うように押し合わせた後、光硬化性接着剤を周りから浸み込ませた。光硬化性接着剤が流路の直前まで浸み込んだとき、高圧水銀ランプを用いて紫外線を照射し、硬化させ接着した。(図3(e))

このようにして作製した、ウォールジェット型フローセルの応答特性をグルタミン酸センサとして以下のようにして測定した。下流側キャビラリ5をシリジポンプにより接続し、流速4μl/minでシリジポンプにより吸引し、上流側キャビラリ4からリン酸バッファを連続的にセンサへ導入し、各電極のパッド部分にポテンシオスタット(BAS社製LC-4C)の端子を接続し、作用電極8に、参照電極7に対して-50mVの電位を印加した。流速を4μl/minとし安定したベースラインを得た後、グルタミン酸濃度が10μMになるようにグルタミン酸を加えると1.7秒後に還元電流が流れ始

め、1.16nAの限界電流を得ることができた。応答の遅れ時間に関与するセンサ内容積は、100nl以下と極めて小さかった。33μm径のカーボンファイバをガラスキャビラリに封入してシリジング型の微小電極(長さ1mm)を作製し、それに西洋ワサビペルオキシテーゼを含むオスミウムポリビニルピリジン錯体とグルタミン酸酸化酵素を含むコラーゲン膜を修飾した。リン酸緩衝生理食塩水溶液を入れたシャーレに本発明のセンサのサンプリング部分と修飾したカーボンファイバ微小電極を入れ、後から100μMのグルタメートを含む溶液を注入してセンサの応答を調べると、1秒程度の遅れ時間の他は、両者の応答速度はほぼ等しかった。

【0018】(実施例2) 実施例2は実施例1と基本的には同じ構成で、実施例1における薄膜作用電極を図4に示すくし形電極に変更した場合の一例を示す。製法自体は図2および図3において述べたように、石英基板にフォトリソグラフィと金属のスパッタリング、及びリフトオフ法の工程により、くし形作用電極8を形成した。本実施例2においてはくし形作用電極8の構造は図4に示すように、かみ合ったくし形電極構造で、くしの幅2μm、くしとくしの間隙2μm、くしの長さ60μm、くしの数各9本とした。また、作用電極基板3のくし形作用電極8の両側の部分には流路用孔9が設けられており、くし形作用電極8の面上に上流側キャビラリ4から流された試料がくし形作用電極に到達した後下流側キャビラリ5の吸引力により流れ出て行く領域を形成している。この作用電極基板3は図2(b)に示すように電極取付け用溝20に挿入され、くし形作用電極8が絶縁性基板1および2の溝に入れられた上流側キャビラリ4の開口部の近傍でかつ開口部が作用電極に對面するように固定した。

【0019】この上流側キャビラリ4の開口部とくし形作用電極8との距離は100ミクロンとした。また、図2および図3の例と同様下流側にも下流側キャビラリ5を取り付けた。上流側、下流側の各キャビラリ4および5は共に外径は、375ミクロン、内径50ミクロンとした。更に、対向電極6として直径100μmの白金線を、参照電極7として直径100μmの銀線をそれぞれの電極取付け用溝20に瞬間接着剤で固定した。

【0020】次に、流路の両端に上流側および下流側の各キャビラリ4および5を取り付けた絶縁性基板1に、同じ構造の基板2を流路が向かい合うように押し合わせた後、光硬化性接着剤を周りから浸み込ませ、高圧水銀ランプを用いて紫外線を照射し、硬化接着した。

【0021】このようにして作製した、くし形作用電極8を組み込んだウォールジェット型フローセルの動作特性の確認を行なった。下流側キャビラリ5をシリジポンプに接続し、流速4μl/minでシリジポンプを吸引し、上流側ガラスキャビラリからリン酸バッファを連続的にフローセル内のセンサへ導入した。くし形作用

電極8に接続されている2個のパッド10をそれぞれ、ポテンシオスタットの端子に接続し、くし形作用電極8の一方の電極に、銀製の参照電極7に対して700mV、もう一方の電極には50mVの電位をそれぞれ印加した。ベースラインが安定した後、100μMのドーパミンを連続的に注入すると、くし形作用電極8の酸化側（高電位側）で3.2nAの酸化電流、還元側（低電位側）で2.4nAの還元電流が観測された。一方、くし形作用電極8の還元側（低電位側）の電極をポテンシオスタットに接続せずに測定を行うと、酸化側（高電位側）の電極には2.1nAの電流しか観測されなかつた。これは、2つの電極にそれぞれ酸化電位、還元電位をそれぞれ印加して測定を行った場合、極微量フローセル中においても、目的物質が電極上で酸化還元反応を繰り返すレドックスサイクルが起こり、電流が増幅されたことを示している。

【0022】次ぎにくし形作用電極8を組み込んだ本実施例2による極微量フローセルを、検出器の内容積が少なくすることが必要なキャピラリ電気泳動法の検出器に応用した例について述べる。キャピラリ電気泳動法の電気化学検出では、通常検出器はキャピラリの出口に炭素繊維を利用した電極を配置することにより測定を行う。この方法では、キャピラリー出口で直接検出を行うことができるため、セル容積を減少させることが可能であるが、複数の電極を配置したり再現性よく検出器を作製するのは難しい。また、キャピラリの検出器側が開放系になるので、落差法や減圧法による試料のサンプリングが困難である。

【0023】本発明の極微量フローセルの入口側（上流側）に長さ70cmのキャピラリ4、出口側（下流側）に長さ10cmのキャピラリ5を取り付けた後、図4に示す自作の電気泳動装置に取り付けた。この場合のキャピラリの内径は、25ミクロン、外径375ミクロンである。キャピラリ内と、キャピラリ両端を浸漬した泳動溶液溜め12に電気泳動溶液としてMES緩衝溶液（0.025M、pH=5.6）を満たした後、試料として、ドーパミン、ノルエピネフリン、カテコール各10μMを含むリン酸緩衝生理食塩水を調製し落差法により、キャピラリ4内へ試料を導入した後、電気泳動用の2本の高電圧印加用白金棒13間に高圧電源14から得られた25kVの電圧を印加した。この構成で、サンプリングに減圧や加圧法を使用しても、キャピラリとフローセルの間に溶液の漏れなどの問題は起こらず、本発明のフローセルと、キャピラリの接続が、強い強度を持っていることが確認された。

【0024】くし形作用電極8の一方に参照電極7に対して750mV、もう一方に50mVの電位を印加して測定を行うと、8分以内で、ドーパミン、ノルエピネフリン、カテコールの順に、高電位側の電極では酸化の、低電位側の電極では還元の電流値のシャープなピークが

得られた。

【0025】また、還元側の電極を使用しない場合は、ピーク高さが約1/4に減少した。以上のように、本発明の極微量フローセルは、キャピラリ電気泳動の検出器として十分使用し得るものである。

【0026】

【発明の効果】以上、説明したように本発明による極微量フローセルは、セル内容積を小さく出来、速い応答性が必要なオンラインセンサや極微量での測定が要求されるキャピラリ電気泳動の検出器として、有用である。また、本製造法ではフローセルと試料導入用のキャピラリ等との接続に十分な強度が得られ、フローセル内に大きな圧力が印加される場合においても容易に使用が可能であった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による極微量フローセルの基本構成を示す斜視図。

【図2】本発明による極微量フローセルの作製工程図であり、(a)は絶縁性基板の斜視図、(b)は薄膜作用電極を取り付けた状態の絶縁性基板の斜視図。

【図3】本発明による極微量フローセルの作製工程図であり、(c)は対向電極および参照電極を取り付けた状態の絶縁性基板の斜視図、(d)はキャピラリを取り付けた状態の絶縁性基板の斜視図、(e)は本発明によりフローセルの斜視図。

【図4】本発明のフローセルに使用したくし形作用電極の平面図。

【図5】本発明のフローセルをキャピラリ電気泳動装置に適用した場合の構成図。

【図6】従来公知のフローセルの基本構成図であり、(a)はチャンネルフロー型の平面図および断面図、(b)はウォールジェット（ラジアルフロー）型の平面図および断面図、(c)は円管型フローセルの透視図。

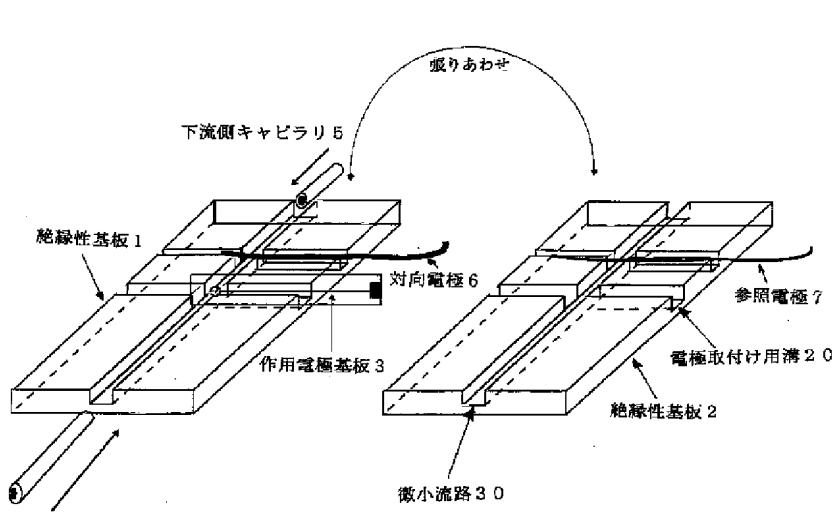
【図7】マイクロマシン技術により作製した従来公知のセンサ構造の模式断面図であり、(a)はチャンネルフロー型、(b)ウォールジェット（ラジアルフロー）型。

【符号の説明】

| | |
|-----|-------------------|
| 1、2 | 絶縁性基板 |
| 3 | 作用電極基板 |
| 4 | インレット用（上流側）キャピラリ |
| 5 | アウトレット用（下流側）キャピラリ |
| 6 | 対向電極 |
| 7 | 参照電極 |
| 8 | くし形作用電極 |
| 9 | 流路用孔 |
| 10 | パッド |
| 12 | 泳動溶液溜め |
| 13 | 高電圧印加用白金棒 |
| 14 | 高圧電源 |

| | | | |
|----|----------|----|---------|
| 15 | 薄膜電極 | 19 | キャピラリ |
| 16 | 薄層セル | 20 | 電極取付け用溝 |
| 17 | 円筒型フローセル | 30 | 微小流路 |
| 18 | 絶縁性基板 | 40 | 薄膜作用電極 |

【図1】



上流側キャビラリ 4

図
1

【図2】

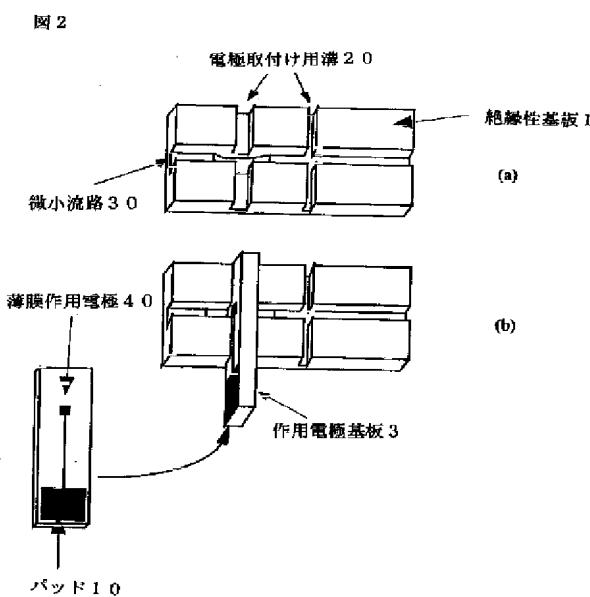
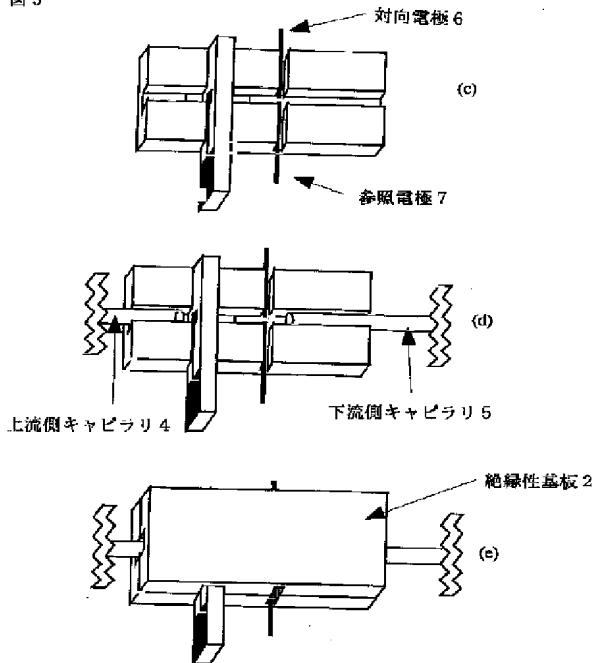


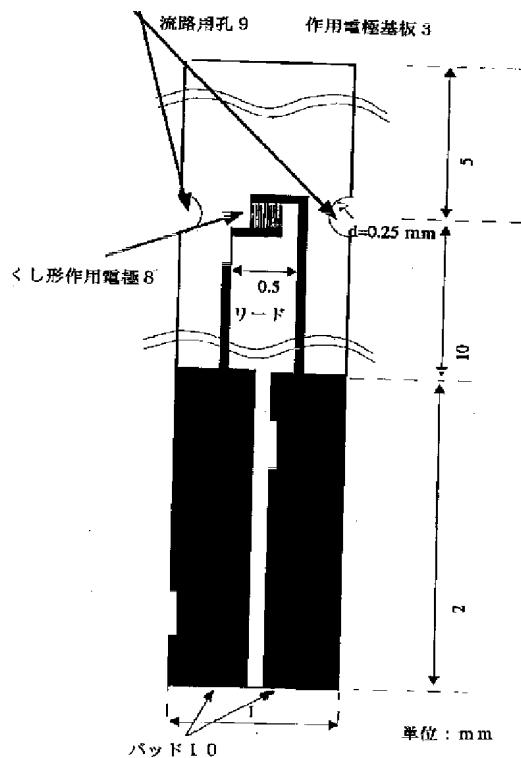
図3



【図3】

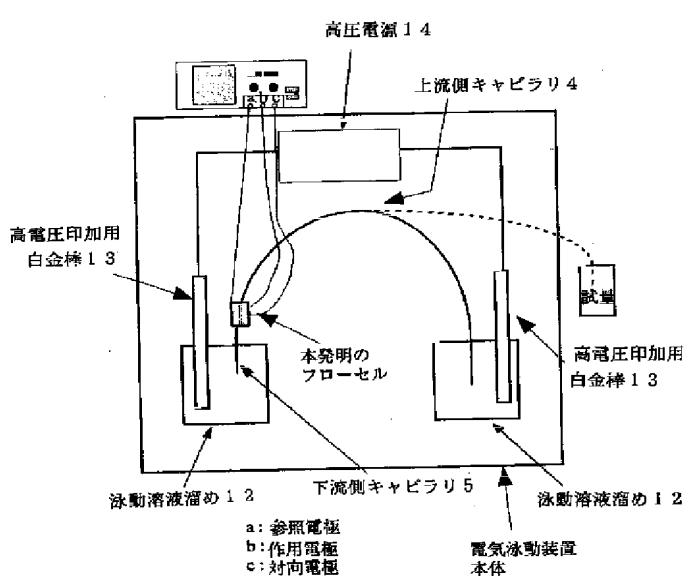
【図4】

図4

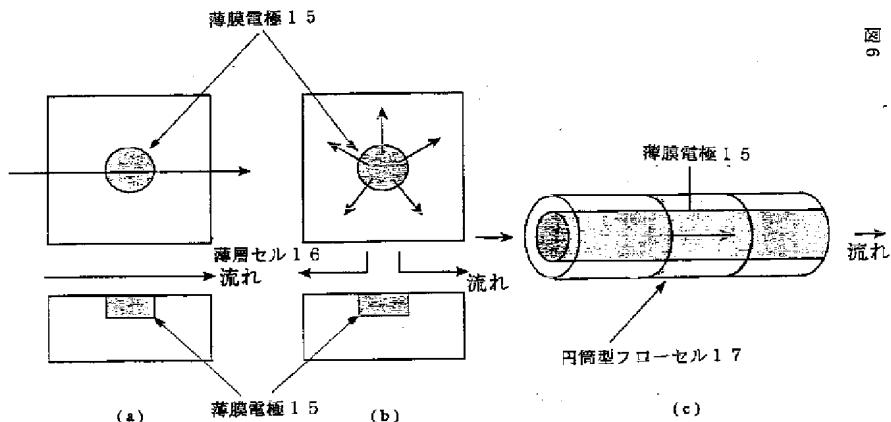


【図5】

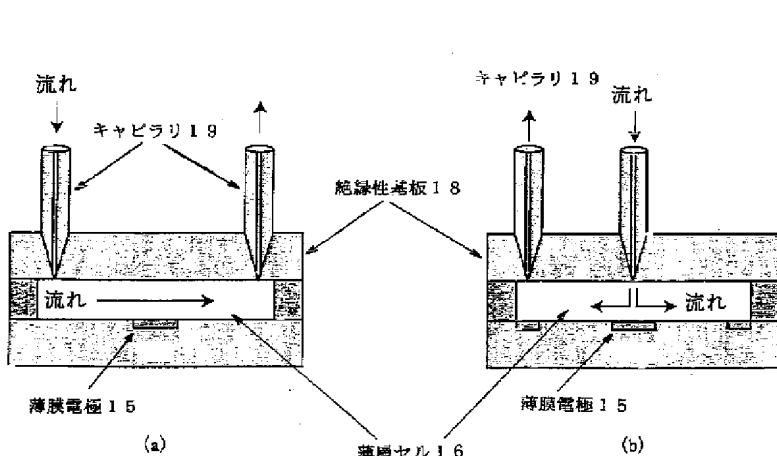
図5



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 烏光 慶一

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 森田 雅夫

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 栗田 優二

東京都武蔵野市御殿山一丁目1番3号 工
ヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジ株
式会社内

(72)発明者 田部井 久男

東京都武蔵野市御殿山一丁目1番3号 工
ヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジ株
式会社内